

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 31 675.9

**Anmeldetag:** 12. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Simulationssystem für die Maschinensimulation  
und Datenausgabe von Steuerdaten für ein  
Automatisierungssystem

**IPC:** G 05 B 17/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Juni 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hoß

## Beschreibung

Simulationssystem für die Maschinensimulation und Datenausgabe von Steuerdaten für ein Automatisierungssystem

5

Die Erfindung betrifft ein System sowie ein Verfahren zur Simulation von Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen und zur Auslegung und/oder Projektierung und/oder Programmierung einer Steuerung und/oder eines Antriebs.

10

Um den Anforderungen nach steigender Effizienz bei der Produktion von Waren gerecht zu werden, müssen die in der Produktion verwendeten Produktions- bzw. Fertigungsmaschinen zunehmend spezifischere Aufgaben übernehmen. Dementsprechend

15

wird die Konstruktion der Maschinen spezieller, damit sie diese unterschiedlichen Aufgaben erfüllen können und es müssen somit vermehrt neue Maschinen entworfen werden. Produktions- bzw. Fertigungsmaschinen bestehen generell aus einem mechanischen Teil, einer elektrotechnischen Ausstattung, einer

20

Steuerung und einer Steuerungssoftware. Zur Steuerung der Maschine wird in der Regel der Antrieb, das heißt das Leistungsteil und der Elektromotor, hinzugezählt. Beim Entwurf einer speziellen Produktionsmaschine werden diese einzelnen Bestandteile in der Regel unabhängig voneinander entworfen.

25

Eine Entwurfskette sieht beispielsweise folgendermaßen aus: an einem Rechnerarbeitsplatz wird mit Hilfe von CAD-Systemen ein mechanischer Aufbau einer Maschine entworfen. Die Mechanik der Maschine wird anschließend auf Basis der CAD-Daten entworfen. Schließlich wird passend zum mechanischen Aufbau

30

der Maschine eine den Anforderungen entsprechende elektrotechnische Ausstattung konzipiert und die zur Ansteuerung der Maschine sowie zum Auswerten bzw. Auslesen der Prozessdaten notwendige Hardware ausgewählt. Die Maschinensteuerung, die je nach Komplexität der zu betreibenden Maschine geeignet

35

auszuwählen ist, wird mit den zugeordneten elektrotechnischen Komponenten verbunden und zusammen mit ihnen in Betrieb genommen. Moderne Maschinen laufen heutzutage nach einem Pro-

gramm ab, das in Abhängigkeit von den Anforderungen an die Maschine bzw. an die Applikation beschrieben werden muss. Für die einzelnen Konstruktions- bzw. Herstellungsschritte einer Produktionsmaschine existiert heutzutage bereits eine Vielzahl von Softwarelösungen, die den Konstrukteur in den o. g. Phasen unterstützen. Die Konstruktionsphasen werden heutzutage jedoch in der Regel nacheinander abgewickelt, wobei die Maschine, also der Mechanikteil, die Konstruktion der elektrotechnischen Teile und auch die Realisierung der Steuerung vorgibt. Diese sequenzielle Arbeitsweise führt zu relativ langen Entwicklungszeiten für derartige Maschinen, und nachgeschaltete Konstruktionsphasen, wie beispielsweise die Planung der elektrotechnischen Ausstattung, die Auswahl der Antriebe und die Entwicklung der Steuerung, sind hierbei an durch die mechanische Konstruktion vorgegebene Zwänge gebunden. Zudem wird die für die einzelnen Konstruktionsphasen benötigte Information heutzutage in der Regel noch in Papierform weitergegeben. Neben einer Unterstützung durch Software, wie beispielsweise den CAD-Systemen, werden aber auch Simulationswerkzeuge für die Konstruktion von Maschinen genutzt. Hierbei können maschinenspezifische Parameter im Modell geändert werden, und die Auswirkung solcher Veränderung auf das Gesamtverhalten der Maschine kann simuliert werden. Derartige Simulationswerkzeuge sind in der Regel aber ebenfalls auf die einzelnen Konstruktionsphasen beschränkt.

Der vorliegenden Erfindung liegt nunmehr die Aufgabe zugrunde, ein System sowie ein Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe eine ganzheitliche Konstruktion von Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen durchgeführt werden kann, bei der die Mechanik sowie die Steuerung der Maschine im Entwurf frühzeitig aufeinander abgestimmt werden.

Diese Aufgabe wird durch ein System zur Simulation von Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen gelöst, wobei das System eine erste Vorrichtung zum Erstellen mindestens eines Mechanikmodells mindestens einer Produktions- und/oder Ferti-

gungsmaschine, Mittel zur Durchführung mindestens einer Mechaniksimulation mindestens einer Produktions- und/oder Fertigungsmaschine sowie zur Bereitstellung von Simulationsdaten und eine zweite Vorrichtung zum Erstellen mindestens eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells für mindestens eine Produktions- und/oder Fertigungsmaschine auf Basis der Simulationsdaten aufweist. Bei einem derartigen erfindungsgemäßen System wird sichergestellt, dass Kenntnisse über die mechanischen Eigenschaften der Produktionsmaschine, welche mit Hilfe des Mechanikmodells und einer anschließenden Simulation gewonnen werden, frühzeitig für die Projektierung einer Steuerung und eines Antriebes genutzt werden können. Größen, die bereits im Mechanikmodell zur Verfügung stehen, und die relevant für die Steuerungs- bzw. Antriebsauslegung sind, können frühzeitig verwendet werden. Ist die mechanische Konstruktion dergestalt ausgeführt, dass für die Steuerungs- bzw. Antriebsauslegung Probleme entstehen, so können diese rechtzeitig erkannt und im Gegensatz zu einer sequenziellen Abarbeitung der einzelnen Konstruktionsphasen eventuell behoben werden. Außerdem ermöglicht das System einen vorteilhaften Informationsfluss zwischen den einzelnen Konstruktionsphasen, da die benötigten Daten alle innerhalb des Systems zur Verfügung stehen und keine Datenweitergabe in Papierform benötigt wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das System zur Auslegung und /oder Projektierung und/oder Programmierung einer Steuerung und/oder eines Antriebs für die Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen vorgesehen ist. Auf Basis der aus dem Mechanikmodell vorhandenen Simulationsdaten kann somit der gesamte Zyklus der Erstellung der Steuerung sowie des Antriebs durchlaufen werden. Vom Beginn der Konzeption der Auslegung der beteiligten Komponenten bis zur Programmierung der Software zur Steuerung der Maschine kann der Erstellungsprozess innerhalb eines Systems durchlaufen werden. Dieses Vorgehen vereinfacht die Planung und Herstellung, da die benutzte Datenbasis immer

gleich ist, so dass kein Datentransfer zwischen verschiedenen Systemen notwendig ist. Außerdem kann unter einer einheitlichen Oberfläche gearbeitet werden, so dass Einarbeitung in verschiedene Systeme entfällt.

5

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die erste Vorrichtung zum Erstellen grafischer Mechanikmodelle der Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen vorgesehen ist. Die Möglichkeit einer grafischen Modellierung erleichtert einem Maschinenbauer die Konstruktion einer Maschine in erheblichem Maße. Die für die Maschine benötigten Komponenten können vom Konstrukteur auf einfache Weise am Bildschirm zusammengefügt, hinzugefügt und ausgetauscht und die wechselseitigen Einflüsse der Komponenten können beobachtet werden. Auf diese Weise entsteht ein anschauliches Modell der zu konstruierenden Maschine.

10

15

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Vorrichtung zum Erstellen eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells für die Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen als Engineering-System ausgebildet ist. Die Auslegung/Projektierung/Programmierung der Antriebe bzw. der Steuerungen kann somit in der gewohnten Umgebung mit den gewohnten Werkzeugen erfolgen. Eine Substitution von Einrichtungen, die zur Auslegung, Projektierung bzw. zur Programmierung bereits in Benutzung sind, erübrigt sich auf diese Weise. Die Verwendung bereits vorhandener Engineering-Systeme führt somit zu einer Kosteneinsparung bei der Anwendung des neuen Systems.

20

25

30

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Vorrichtung zur Erzeugung mindestens eines Computerprogramms zur Steuerung der Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen auf Basis des Steuerungs- und/oder Antriebsmodells vorgesehen ist. Die im System auf Basis des Mechanikmodells bzw. der Mechaniksimulation projektierten Steuerungen können auf diese Weise gleich umge-

35

setzt werden. Die Projektierungsdaten werden genutzt, um beispielsweise Teile einer Anwendersoftware zu erzeugen, die dann unter der Runtime Software zu laufen gebracht wird. Somit wird die Projektierung/Programmierung vereinfacht.

5

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass weitere Mittel zur grafischen Darstellung der Simulationsdaten vorgesehen sind. Die bei der Mechaniksimulation errechneten Größen werden also nicht nur  
10 direkt zur Erstellung eines Modells für die Steuerung bzw. den Antrieb genutzt, sie lassen sich vielmehr auch sofort in Form von beispielsweise Kurven darstellen. Eine derartige Darstellung hat den Vorteil, dass das Verhalten der Größen vom Konstrukteur direkt abgelesen werden kann. Die Veränderung von beispielsweise Kraft, Masse, Bewegung oder Energie  
15 bei der Simulation der Bewegung der Maschine wird mit samt den dazugehörigen Maßeinheiten dargestellt, was einen Konstrukteur unmittelbar in die Lage versetzt, zu erkennen ob bestimmte Größen beispielsweise Schwellenwerte überschreiten  
20 oder ob sich das System als Ganzes destruktiv verhält.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Erstellung eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells zur Übertragung von Daten der von  
ihr erstellten Modelle auf die Vorrichtung zum Erstellen eines Mechanikmodells für die Erstellung neuer Modelle auf Basis der Daten der Steuer- und/oder Antriebsmodelle für eine  
erneute Mechaniksimulation durch die Mittel zur Durchführung einer Simulation vorgesehen ist. Diese Rückkopplung zwischen  
30 der Vorrichtung, die zur Auslegung, zur Projektierung bzw. zur Programmierung der Steuerung bzw. Antriebe vorgesehen ist, sowie der Vorrichtung, die zur Konstruktion des Mechanikmodells vorgesehen ist, ermöglicht eine wechselseitige positive Beeinflussung der jeweiligen Modelle. Eigenschaften  
35 der Steuerung bzw. des Antriebs, beispielsweise des Drehmoments eines Motors oder auch nur sein Gewicht, beeinflussen das mechanische Verhalten der Maschine. Diese Daten können

durch die beschriebene erfindungsgemäße Ausprägung direkt wieder im Mechanikmodell und damit in der Mechaniksimulation Berücksichtigung finden. Gleichzeitig kann, wenn beispielsweise erkannt wird, dass spezielle Eigenschaften des Mechanikmodells zu Problemen bei der Steuerung bzw. Antriebsauslegung führen, diese Feedbackschleife für eine einfache Lösung genutzt werden. Der Nachteil, dass die Mechanikkonstruktion unter Umständen einschränkende Randparameter für die Auslegung der Steuerung bzw. der Antriebe vorgibt, die bei der Auslegung dann zu erheblichen Problemen führen können, wird minimiert. Parameter der Steuerung bzw. Antriebsauslegung können verändert werden, so dass das Problem umgangen werden und anschließend im Mechanikmodell getestet werden kann, ob diese Veränderung einen negativen Effekt auf die Arbeitsweise der Maschine hat oder ob der Einfluss der Veränderung zu vernachlässigen ist. Diese iterative Vorgehensweise mit schrittweiser Anpassung der beiden Modelle führt zu einer zügigen Entwicklung und einer besseren Abstimmung der Mechanikanteile mit den dazugehörigen Steuerungen bzw. Antrieben. Insgesamt führt eine derartige Co-Simulation der Mechanik und der Steuerung bzw. Antriebe zu einer verbesserten Entwicklung der Maschinen.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Speicher zur Speicherung von Informationsdaten zu Hardwarekomponenten der Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen vorgesehen ist. Neben den rein mechanischen Bauteilen, die im System modelliert werden, bestehen die Produktionsmaschinen auch aus elektronischen, elektrotechnischen und elektromechanischen Komponenten, wie beispielsweise Motoren, Geber oder Messtaster. Diese Komponenten beeinflussen das Verhalten des Mechanikmodells und eben auch später das Verhalten der Maschine. Beispielsweise müssen Trägheitseigenschaften oder Schaltzeiten der Komponenten bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, wenn der Vorrichtung zur Erstellung eines Mechanikmodells eine Bibliothek mit Information zu den

jeweiligen Komponenten zur Verfügung steht, auf die sie zurückgreifen kann. Werden im Mechanikmodell spezielle Komponenten eingefügt, so können deren Eigenschaften und die Wechselbeziehungen zu anderen Bauteilen gleich simuliert werden.

- 5 Darüber hinaus stehen mit den Eigenschaften Größen zur Verfügung, die für die Auslegung/Projektierung/Programmierung der Steuerung/Antrieb vorteilhaft verwendet werden können. Das Vorhandensein einer derartigen Bibliothek, vereinfacht die Beschreibung der Eigenschaften der Komponenten im Einzelfall,  
10 was die zügigere Konstruktion gewährleistet.

- Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Informationsdaten zur Speicherung in Form von die jeweiligen Hardwarekomponenten repräsentierenden Objekten vorgesehen sind. Hierdurch wird ge-  
15 währleistet, dass die Informationsdaten nicht einzeln im Speicher gespeichert werden, und bei Auswahl einer Komponente jeweils zusammengesucht werden müssten.

- 20 Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Objekte zu Erstellung der Mechanikmodelle durch die Vorrichtung 2 vorgesehen sind. Alle zu einer Komponente dazugehörigen relevanten Daten sind fest mit dieser Komponente verknüpft, und bei Anwahl der jeweiligen Komponente werden sie automatisch in das Mechanikmodell  
25 eingebunden. Ein derartiges Vorgehen vereinfacht und beschleunigt die Projektierung des Mechanikmodells.

- Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Speicher zur Speicherung von Abbildern der Objekte auf der Vorrichtung zum Erstellen eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells für eine Produktions- und/oder Fertigungsmaschine vorgesehen ist. Da die genannten Komponenten, wie beispielsweise Motoren, Geber  
30 oder Getriebe nicht nur das Verhalten des Mechanikmodells, sondern auch das Verhalten der Steuerung beeinflussen, ist es vorteilhaft, die gleichen Objekte mit ihren Eigenschaften  
35



auch bei der Auslegung/Projektierung/Programmierung der Steuerung/Antrieb zur Verfügung zu haben. Alle zur Auswahl stehenden Komponenten können auf diese Weise sowohl bei der Erstellung des Mechanikmodells als auch bei der Auslegung/Projektierung/Programmierung der Steuerung bzw. der Antriebe ausgewählt werden. Anschließend werden sie jeweils im Gesamtsystem in Bezug auf ihre Eigenschaften durch die Simulation hin untersucht. Dadurch, dass ein Abbild der Objekte vorliegt, ist sichergestellt, dass beide Vorrichtungen auf die gleichen Grundlagen zurückgreifen auch wenn die von ihnen jeweils benötigten Informationsdaten, die zu den jeweiligen Objekten gehören, andere sein mögen.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die in den Informationsdaten enthaltene Semantik zur Nutzung durch die Vorrichtung zur Erzeugung eines Computerprogramms vorgesehen ist. Da die Informationsdaten im Speicher in Form von Objekten abgelegt sind, können sie auf einfache Weise zur Erzeugung einer Software genutzt werden. Die Objekte weisen Eigenschaften bzw. Attribute und Methoden auf. Ein Attribut eines Antriebs ist beispielsweise die Position innerhalb der Maschine und die Methode eines Antriebes sei beispielsweise das Beschleunigen. Für die Erstellung der Software können die Attribute in einfacher Weise in Form von Variablen und die Methoden in Form von Prozeduren wiedergegeben werden. Eine einfache und ganzheitliche Umsetzung von den einzelnen Hardwarekomponenten bis zur Erstellung der Steuerungssoftware ist auf diese Art und Weise gewährleistet.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zum Erstellen eines Mechanikmodells und die Vorrichtung zum Erzeugen eines Computerprogramms zur Verwendung der gleichen Variablennamen vorgesehen sind. Ein Abgleich der jeweiligen Systeme aufeinander wird auf diese Art und Weise erleichtert. Die Konstrukteure, die die unterschiedlichen Konstruktionsphasen beglei-

ten, können somit einfacher miteinander kommunizieren und der gesamte Konstruktionsablauf wird einheitlicher gestaltet.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das System zum Empfang und/oder zum Senden von Daten über ein Intra- und/oder Internet vorgesehen ist. Eine derartige Datenübertragung kann vorteilhaft zur Analyse von Runtime-Software genutzt werden, die beispielsweise auf einer Maschine an einem weit entfernten Standort läuft, und die auf ihre Funktion hin überprüft werden soll. Die entsprechende Runtime-Software kann über das Internet in das System geladen werden, und ihr Verhalten kann gemeinsam mit einem, der entsprechenden Produktionsmaschine zugehörigem Mechanikmodell simuliert werden. Die Software kann dann im System entsprechend angepasst und über das Internet zurück auf die entfernt stehende Produktionsmaschine gesendet werden. Eine Fernwartung von Software für Produktionsmaschinen wird durch diese erfindungsgemäße Ausbildungen auf vorteilhafte Weise ermöglicht.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert.

Es zeigen:

FIG 1 eine schematische Darstellung des Systems zur Simulation von Produktionsmaschinen und zur Auslegung/Projektierung/Programmierung einer Steuerung bzw. eines Antriebes für die Produktionsmaschinen,

FIG 2 eine schematische Darstellung der Übertragung von Software über ein Intra-/Internet

FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines integrierten Systems zur Simulation von Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen und zur Auslegung/

Projektierung/Programmierung einer Steuerung- und/oder Antriebes für die Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen. Das System 1 besteht aus einer ersten Vorrichtung 2, mit deren Hilfe ein mechanisches Modell einer Produktionsmaschine erstellt wird. In der Regel handelt es sich hierbei um ein grafisches Modell der Produktionsmaschine. Das System 1 verfügt weiter über Mittel 3, mit deren Hilfe eine Mechaniksimulation des entsprechenden Mechanikmodells der Produktionsmaschine durchgeführt werden kann. Hierbei werden Eigenschaften wie Kraft, Masse, Bewegung und Energie der jeweiligen Produktionsmaschine simuliert und in Form von Simulationsdaten bereitgestellt, welche an die Mittel 13 zur Durchführung einer Steuerungs- bzw. Antriebssimulation übertragen werden. Die durch die Mittel 13 errechneten Werte dienen als Basis für die Auslegung beispielsweise der Antriebe und für die Konzeption der Steuerung für eine zweite Vorrichtung 4, um ein Steuerungs- bzw. Antriebsmodell für die jeweilige Produktions- bzw. Fertigungsmaschine zu erstellen. Eine Steuerungssoftware für die Produktions- bzw. Fertigungsmaschinen wird mit Hilfe einer dritten Vorrichtung 5 zur Erzeugung eines Computerprogramms hergestellt. Die Simulationsdaten der Mechaniksimulation können mit Hilfe der Mittel 6 zur grafischen Darstellung in Form von beispielsweise Kurvenscheiben angezeigt werden. Hierbei werden die während der Simulation errechneten Größen mit den entsprechenden Maßeinheiten parallel zum Bewegungsablauf der jeweiligen Maschine dargestellt. Die Simulationsdaten für die Steuerung bzw. die Antriebe werden durch die Mittel 14 zur grafischen Beobachtung angezeigt. Über die Mittel 14 kann die Vorrichtung zur Simulation 13 auch bedient werden, indem neue Daten eingegeben und durch sie verursachte Veränderungen anschließend simuliert werden. Für die Produktionsmaschine benötigte Hardwarekomponenten, wie beispielsweise verschiedene Motoren sind in Form von Objekten 8 auf einem Speicher 7 hinterlegt und können von der Vorrichtung 2 zur Erstellung eines Mechanikmodells genutzt werden. Abbilder 8\* der jeweiligen Hardwarekomponenten in Form von Objekten sind auch auf der Vorrichtung 4 zur Erstel-

lung eines Steuerungs- bzw. Antriebsmodells in einem Speicher 9 hinterlegt und können von der Vorrichtung 4 zur Auslegung/Projektierung/Programmierung benutzt werden.

- 5 Die Besonderheit des in FIG 1 dargestellten Ausführungsbeispiels des Systems 1 besteht im Wesentlichen darin, dass die Konzeption der Mechanik einer Produktionsmaschine, die Auswahl der dazu gehörigen elektrotechnischen Komponenten, die Auslegung/Projektierung der jeweiligen Antriebe und die Projektierung sowie die Programmierung der Steuerung für das Automatisierungssystem in einem System 1 zusammengeführt sind. Die in der Abbildung dargestellte Projektierung der Steuerung bzw. des Antriebes mit Hilfe der Vorrichtung 4 basierend auf dem durch die Vorrichtung 2 erzeugten Mechanikmodell ist vorteilhaft, weil während des Entwurfs des Mechanikmodells bereits Größen im Modell zur Verfügung stehen, die auf den Ablauf des Maschinenverhaltens Einfluss nehmen und somit für die Auslegung der Steuerung bzw. des Antriebes verwendet werden sollten. Umgekehrt beeinflussen jedoch auch die Eigenschaften der Steuerung bzw. des Antriebs das mechanische Verhalten der Maschine. Die wechselseitige Beeinflussung von Mechanik und Steuerung wird vom erfindungsgemäßen System 1 auf vorteilhafte Weise anerkannt, da es durch wechselseitige Anpassung der jeweiligen Modelle zu einer Optimierung der gesamten Maschine inklusive der Steuerung führt. Die aus der Mechaniksimulation abgeleiteten Daten können direkt für einen Steuerungsentwurf genutzt werden. Zu den Daten gehören beispielsweise Parameter, die für die Auswahl der Hardware relevant sind. Anhand der Messwerte aus der Simulation kann beispielsweise ermittelt werden, welcher Motor für eine bestimmte Bewegung bzw. Beschleunigung benötigt wird. Des Weiteren stehen Daten zur Verfügung, die für die Parametrierung der jeweiligen Hardware relevant sind. Hierbei handelt es sich beispielsweise um die Anzahl der digitalen Ein- und Ausgänge, die für eine spezielle Produktionsmaschine nötig sind. Weitere, für die Steuerung relevante Parameter sind unter anderem Verzögerungszeiten von Schaltern, Abtastzeiten oder die An-

zahl von Bewegungen, die von der Maschine innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit gemacht werden müssen. Für die Projektierung/Programmierung einer Steuerung für ein entsprechendes Automatisierungssystem stellen diese Daten eine wichtige Basis dar. Die durch die Simulation erzeugten Daten können mit Hilfe der Vorrichtung 6 für den Konstrukteur auch grafisch dargestellt werden. Hierbei werden Bewegungen beispielsweise eines Bezugspunktes oder auftretende Kräfte in Form von Kurven aufgezeigt. Es lässt sich aus den Kurven unmittelbar ablesen, ob spezielle Kräfte ausreichen oder evtl. zu groß werden bei der vorgeschlagenen Konstruktion und es lässt sich beispielsweise auch erkennen, ob Schwenkbewegungen von Hebelarmen der Maschine zu ausufernd sind, so dass Schutzbereiche oder verbotene Verfahrenswege verletzt werden.

Wird nun ein Mechanikmodell von der Vorrichtung 2 unter Zuhilfenahme von auf dem Speicher 7 gespeicherten Hardwarekomponenten in Form von Objekten 8 erstellt, so werden sämtliche Eigenschaften wie Bewegungen dieses Mechanikmodells durch die Mittel 3 simuliert. Die entsprechenden Simulationsdaten werden durch die Mittel 13 zur Simulation einer Steuerung bzw. eines Antriebs für die Erstellung eines Modells für die Steuerung durch die Vorrichtung 4 genutzt. In dem System 1 liegen also gleichzeitig ein Modell der Steuerung bzw. des Antriebes und ein Modell der Maschinenmechanik vor. Beide werden parallel simuliert und die jeweiligen Veränderungen in einem Modell werden zu festgelegten Zeitpunkten in das andere Modell übertragen und die Eigenschaften des neuen Modells dann jeweils wieder getestet. Die von der Maschinensimulation errechneten Zustandsgrößen werden der Steuerungssimulation zugeführt und dort im Programm weiterverarbeitet. Die errechneten Steuergrößen werden wiederum dem Mechanikmodell zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise wird eine Durchgängigkeit im Entwurf von der Mechanik bis zur Software erreicht. Eine ganzheitliche Optimierung der kompletten Anlage bzw. Maschine, also beispielsweise Durchlaufzeiten, Massen, Kräfte und Energieverbrauch wird ermöglicht. Der Nachteil einer nachge-

schalteten Auslegung/Projektierung der elektromechanischen Teile und Projektierung/Programmierung der Steuerung entfällt im vorgeschlagenen erfindungsgemäßen System bzw. wird erheblich vereinfacht, da sowohl Steuerungsmodell als auch Mechanikmodell schrittweise aneinander angepasst werden. Hierdurch kommt es zu einer Optimierung des gesamten Herstellungsprozesses.

FIG 2 zeigt eine schematische Darstellung der Übertragung von maschinenspezifischer Steuerungssoftware 11 von einer Produktions- bzw. Fertigungsmaschine 12 auf das System 1, wobei zur Übertragung ein Intra- bzw. Internet 10 dient. Die Software wird direkt an die Vorrichtung 5 zur Erzeugung eines Computerprogramms übertragen.

Die Besonderheit des in FIG 2 dargestellten Ausführungsbeispiels des Systems 1 besteht darin, dass maschinenspezifische Runtime-Software 11 einer sich an einem entfernten Standort befindenden Produktions- bzw. Fertigungsmaschine 12 auf das System 1 ohne weiteren Kopieraufwand oder Verschicken von Datenträgern übertragen werden kann. Voraussetzung hierfür ist nur, dass die Maschine 12 und das System 1 einen Zugang zum Intra- bzw. Internet 10 aufweisen. Eine derartige Übertragung ermöglicht es, innerhalb des Systems 1 die Runtime-Software durch Simulation zu überprüfen und an einem dort hinterlegten Mechanikmodell der Maschine 12 zu testen. Anschließend kann die modifizierte Software auf die Maschine zurückgespielt werden. Eine Fernanpassung bzw. -wartung der Software wird dadurch auf einfache Weise möglich.

Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein System 1 sowie ein Verfahren zur Konstruktion und Projektierung von Produktions- bzw. Fertigungsmaschinen. Die verschiedenen Konstruktionsphasen werden innerhalb des Systems 1 in einem iterativen Prozess durchlaufen. Hierbei werden Simulationsdaten eines Mechanikmodells einer Maschine 12 für die Auslegung/Projektierung/Programmierung einer Steuerung und eines Antriebes ge-

nutzt. Der Einfluss der projektierten/programmierten Steuerung auf das Verhalten des Mechanikmodells wird in einem weiteren Schritt wiederum überprüft. Dadurch kommt es zu einer schrittweisen Optimierung des gesamten Systems bestehend aus

5 Maschine und Steuerungssoftware 11 sowie Antrieb und es wird eine Durchgängigkeit des Entwurfs von der Mechanik bis zur Software erzielt.

## Patentansprüche

1. System (1) zur Simulation von Produktions- und/oder Fertigungs-  
maschinen mit

- 5 • einer ersten Vorrichtung (2) zum Erstellen mindestens eines Mechanikmodells mindestens einer Produktions- und/oder Fertigungs-  
maschine,
- Mitteln (3) zur Durchführung mindestens einer Mechaniksimulation mindestens einer Produktions- und/oder Fertigungs-  
10 maschine sowie zur Bereitstellung von Simulationsdaten und
- einer zweiten Vorrichtung (4) zum Erstellen mindestens eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells für mindestens eine Produktions- und/oder Fertigungs-  
15 maschine auf Basis der Simulationsdaten.

2. System nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- 20 dass das System (1) zur Auslegung und /oder Projektierung und/oder Programmierung einer Steuerung und/oder eines Antriebs für die Produktions- und/oder Fertigungs-  
maschinen vorgesehen ist.

3. System nach Anspruch 1 oder 2,

- 25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die erste Vorrichtung (2) zum Erstellen grafischer Mechanikmodelle der Produktions- und/oder Fertigungs-  
maschinen vorgesehen ist.

30 4. System nach Anspruch 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

- dass die zweite Vorrichtung (4) zum Erstellen eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells für die Produktions- und/oder  
Fertigungs-  
35 maschinen als Engineering-System ausgebildet ist.

5. System nach den Ansprüchen 1 bis 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,



dass eine dritte Vorrichtung (5) zur Erzeugung mindestens eines Computerprogramms (11) zur Steuerung der Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen auf Basis des Steuerungs- und/oder Antriebsmodells vorgesehen ist.

5

6. System nach den Ansprüchen 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass weitere Mittel (6) zur grafischen Darstellung der Simulationsdaten vorgesehen sind.

10

7. System nach den Ansprüchen 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Vorrichtung (4) zur Erstellung eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells zur Übertragung von Daten der von  
15 ihr erstellten Modelle auf die Vorrichtung (2) zum Erstellen eines Mechanikmodells für die Erstellung neuer Modelle auf Basis der Daten der Steuer- und/oder Antriebsmodelle für eine erneute Mechaniksimulation durch die Mittel (3) zur Durchführung einer Simulation vorgesehen ist.

20

8. System nach den Ansprüchen 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Speicher (7) zur Speicherung von Informationsdaten zu Hardwarekomponenten der Produktions- und/oder Fertigungs-  
25 maschinen vorgesehen ist.

25

9. System nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Informationsdaten zur Speicherung in Form von die  
30 jeweiligen Hardwarekomponenten repräsentierenden Objekten (8) vorgesehen sind.

30

10. System nach den Ansprüchen 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
35 dass die Objekte (8) zur Erstellung der Mechanikmodelle durch die Vorrichtung (2) vorgesehen sind.

35

11. System nach den Ansprüchen 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein weiterer Speicher (9) zur Speicherung von Abbildern  
(8\*) der Objekte (8) auf der Vorrichtung (4) zum Erstellen  
5 eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells für eine Produkti-  
ons- und/oder Fertigungsmaschine vorgesehen ist.

12. System nach den Ansprüchen 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass die in den Informationsdaten enthaltene Semantik zur  
Nutzung durch die Vorrichtung (5) zur Erzeugung eines Compu-  
terprogramms vorgesehen ist.

13. System nach den Ansprüchen 1 bis 12,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Vorrichtung (2) zum Erstellen eines Mechanikmodells  
und die Vorrichtung (5) zum Erzeugen eines Computerprogramms  
zur Verwendung der gleichen Variablennamen vorgesehen sind.

20 14. System nach den Ansprüchen 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das System (1) zum Empfang und/oder zum Senden von Daten  
über ein Intra- und/oder Internet (11) vorgesehen ist.

25 15. Verfahren zur Simulation von Produktions- und/oder Ferti-  
gungsmaschinen bei dem

- mindestens ein Mechanikmodell mindestens einer Produkti-  
ons- und/oder Fertigungsmaschine erstellt wird,
- mindestens eine Mechaniksimulation mindestens einer Pro-  
30 duktions- und/oder Fertigungsmaschine durchgeführt wird,
- Simulationsdaten bereitgestellt werden und
- mindestens ein Steuerungs- und/oder Antriebsmodell für  
mindestens eine Produktions- und/oder Fertigungsmaschine  
auf Basis der Simulationsdaten erstellt wird.

35

16. Verfahren nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet,

dass eine Steuerung und/oder eines Antriebs für eine Produktions- und/oder Fertigungsmaschine ausgelegt und/oder projiziert und/oder programmiert wird.

5 17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass mindestens ein grafisches Mechanikmodell der Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen erstellt wird.

10 18. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 17,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Steuerungs- und/oder Antriebsmodelle für die Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen mittels eines Engineering-Systems erstellt werden.

15 19. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 18,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass mindestens ein Computerprogramm (11) zur Steuerung der Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen auf Basis des Steuerungs- und/oder Antriebsmodells erzeugt wird.  
20

20. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 19,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Simulationsdaten grafisch dargestellt werden.

25 21. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 20,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass Daten von den von der Vorrichtung (4) erstellten Steuerungs- und/oder Antriebsmodellen auf die Vorrichtung (2) zum  
30 Erstellen neuer Mechanikmodelle auf Basis der Daten der Steuer- und/oder Antriebsmodelle für eine erneute Mechaniksimulation übertragen werden.

22. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 21,  
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass Informationsdaten zu Hardwarekomponenten der Produktions- und/oder Fertigungsmaschinen gespeichert werden.

23. Verfahren nach Anspruch 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Informationsdaten in Form von die jeweiligen Hard-  
warekomponenten repräsentierenden Objekten (8) gespeichert  
5 werden.

24. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 23,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Mechanikmodelle auf Basis der Objekte (8) erstellt  
10 werden.

25. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 24,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Abbilder (8\*) der Objekte (8) auf der Vorrichtung (4)  
15 zum Erstellen eines Steuerungs- und/oder Antriebsmodells für  
eine Produktions- und/oder Fertigungsmaschine in einem weite-  
ren Speicher (9) gespeichert werden.

26. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 25,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass die in den Informationsdaten enthaltene Semantik zur Er-  
zeugung der Computerprogramme (11) genutzt wird.

27. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 26,  
25 dadurch gekennzeichnet,  
dass gleiche Variablennamen von der Vorrichtung (2) zum  
Erstellen mindestens eines Mechanikmodells und der Vorrich-  
tung (5) zum Erzeugen mindestens eines Computerprogramms ver-  
wendet werden.

30 28. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 27,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Daten über ein Intra- und/oder Internet (10) vom System  
(1) empfangen und/oder gesendet werden.

35

29. Computerprogrammprodukt zur Steuerung von Fertigungs- und/oder Produktionsmaschinen hergestellt mit einem System (1) und einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 28.

## Zusammenfassung

Simulationssystem für die Maschinensimulation und Datenausgabe von Steuerdaten für ein Automatisierungssystem

5

Die Erfindung betrifft ein System (1) sowie ein Verfahren zur Konstruktion und Auslegung/Projektierung/Programmierung von Produktions- bzw. Fertigungsmaschinen. Die verschiedenen Konstruktionsphasen werden innerhalb des Systems (1) in einem iterativen Prozess durchlaufen. Hierbei werden Simulationsdaten eines Mechanikmodells einer Maschine (12) für die Auslegung/Projektierung/Programmierung einer Steuerung und eines Antriebes genutzt. Der Einfluss der projektierten/programmierten Steuerung auf das Verhalten des Mechanikmodells wird in einem weiteren Schritt wiederum überprüft. Dadurch kommt es zu einer schrittweisen Optimierung des gesamten Systems bestehend aus Maschine und Steuerungssoftware (11) sowie Antrieb und es wird eine Durchgängigkeit des Entwurfs von der Mechanik bis zur Software erzielt.

20

FIG 1



